



جمعية المهندسين الملكية المصرية

« تألفت في ٣ ديسمبر سنة ١٩٢٠ »

ومعتدة بمرسوم ملكي بتاريخ ١١ ديسمبر سنة ١٩٢٢

﴿ النشرة الثالثة للسنة الاولى ﴾

٣

محاضرة

الاعتاب المثلثية المقطع

لحضرة امام افندى شعبان

أقيمت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

في ١١ فبراير سنة ١٩٢١

الجمعية ليست مسؤولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء



تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية
يجب ان يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالخبر الاسود
(شينى) ويرسل برسمها صندوق البريد رقم ٧٥١ بمصر

ESEN-CPS-BK-0000000237-ESE

00426302

الاعتاب المثلثية المقطع في الخرسانة المسلحة



(المباحث الفنية وأغراضها)

ان أول غرض يرمى اليه البحث الفنى هو النظر الى النتيجة التى وقف عندها السلف فى بحثه ثم التطاع الى مجرى الاحوال وجعل التعديل ملائماً لمقتضى الحال فتؤول نتيجة البحث منلاالى تغييرمعامل ديم أو استنباط قانون جديدأو الى الجمع بين قاعدتين متباعدتين وهكذا وللبحث مزبة اخرى غير هذا نجعلنا لا نركن فى ادارة أعمالنا الهندسية الى تطبيق النظريات الفنية الماضية وان كان لا يمكن الاستغناء عن بعضها بل يتسنى لنا أن ندير حركة الكون الفنية بما نصل اليه بحائنا الحالية بطرازها المستحدث فنكون ثمرة الاعمال المستخرجة جديدة فى نوعها

وليس كل امرئ بقادر أن يضمن لنفسه الاجادة ولكنه قادر أن يعمل فان انتهى الى بلوغ غايته القصوى فقدأكمل الواجب مشكوراً وان أبى عليه المنون ذلك فلا يذهبن أسفا على ما فات من ثمرفمجهوده ولسوف يجد ممن يخلقه فى البحث شكراً أو ثناءاً لانه بما تركه من بحثه قد ذلل طريقاً وعمره وفتح باباً موصداً ومع ذلك فقد خلل الاثرلنفسه وان ترك الفائدة لغيره

وقد أشار حضرة الرئيس في محاضرته الى أن الجمعيات الهندسية تغذى المعاهد باكتشافاتها العلمية ورجاؤنا جميعاً أن ينفذ ذلك فتكون مدرسة الهندسة مركزاً للأبحاث الناتجة عن أعمال حضرات المهندسين

(البحث في الاعتبار المسلحة المثلثية المقطع)

قد قمت بعمل هذه المباحث سنة ١٩١٢ ، سنة ١٩١٣ بجامعة برمنجهام والغرض منها مقارنة هذا النوع نظرياً وعملياً بأعتاب مستطيلة المقطع وأخرى شكل T والتحقق اذا كانت الاولى أقل حجماً أو بعبارة أخرى أقل نفقة من الثانية عند ما تتساوى المقاومة وهذا البحث لا يتعدى نسبة معينة من التسليح وابعاد محدوده وأهم مزايا الخرصانة المسلحة هي :-

«١» سرعة انجاز العمل «٢» مقاومة الانشاءات التي من هذا القبيل للحريق كما شاهدتم في محل شيكوريل اذ لو كان الحل من المبانى الحجرية أو الحديدية لتهدمت أجزاءه ولكن الخرصانة تقى الحديد الحرارة «٣» في الاحوال العادية تكاليف الانشاءات الاصلية ومصاريف الصيانة أقل من أى انشاء آخر معادل لها في المتانة

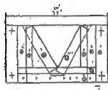
«٤» يمكن عمل مبان ذات أدوار عديدة كالعمارات ذات الثلاثين دوراً التي تقرأ عنها في الجرائد الامريكية من الخرصانة المسلحة لا يمكن عملها بأى طريقة أخرى

«٥» استعمالها في المناجم كاعتاب والواح لسهولة نقلها وعدم

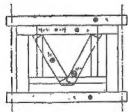
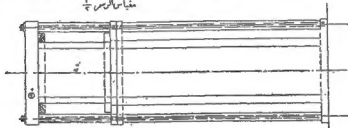
Design for wooden form for beams & columns of triangular section

Scale $\frac{1}{4}$

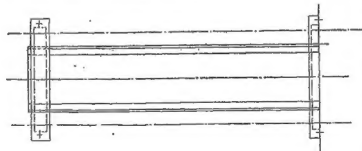
تمبير لترايب خشبية لأعمدة وأقلام بطول ٨ أقدام وارتفاع قطاع مثلث
مقياس الرسم $\frac{1}{4}$



1/4" = 1' 0"

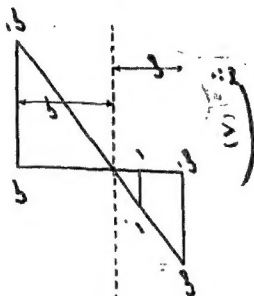


1/4" = 1' 0"

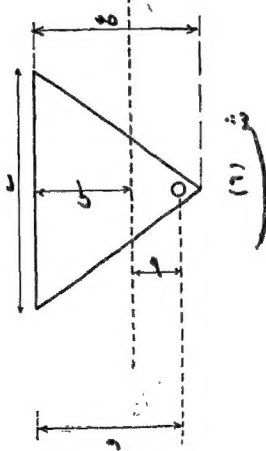


No.	Number of Planks	Dimensions
1a	4	$12' \times 2' \times 2'$
1b	2	$12' \times 2' \times 2'$
2	12	$2' \times 2' \times 12'$
3	8	$2' \times 2' \times 12'$
4	12	$2' \times 2' \times 12'$
5	4	$2' \times 2' \times 12'$
6	8	$2' \times 2' \times 12'$
7	4	$2' \times 2' \times 12'$
8	2	$2' \times 2' \times 12'$
9	12	$2' \times 2' \times 12'$
10	2	$2' \times 2' \times 12'$
11	2	$2' \times 2' \times 12'$
12	2	$2' \times 2' \times 12'$
13	2	$2' \times 2' \times 12'$
14	2	$2' \times 2' \times 12'$
15	2	$2' \times 2' \times 12'$
16	2	$2' \times 2' \times 12'$
17	2	$2' \times 2' \times 12'$
18	2	$2' \times 2' \times 12'$
19	2	$2' \times 2' \times 12'$
20	2	$2' \times 2' \times 12'$

محور الخنجر



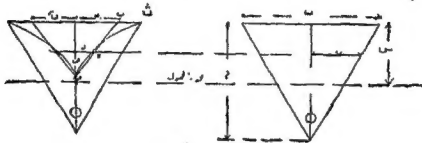
(٦)



(٧)

الخرق من النار الى تشب
من حوادث الانفجار
«٦» لا ، كل الصلب
من الصدا لان ، مائة تقية
«٧» استعمالها في أعمال
المجاري والسكك الحديدية
والكبارى والاساسات في
الارض الرملية والطينية
الرخوة والمواسير وعمل
الخواجز في القنوات
والذي حدا بي الى التفكير
في هذا النوع من الاعتبار
أنه في أى عتب يتحمل
الجزء الاعلى من محور الخنجر
الضغط ويتحمل الاسفل منه
الشد وان الخرسانة في
الاسفل من محور الخنجر
لا تساعد قضبان الصلب على
مقاومة الشد كما ترى من
الحساب الاتي

لنعتبر أن الخرسانة تعمل مع الصلب في تحمل الشد ففي هذه الحالة نعتبر العتب كأنه عتب اعتيادي استبدل فيه التسليح بمقدار من الخرسان يبعد بمسافة ثابتة عن محور الخمول



شكل ١١

$$\begin{aligned} \text{فاذا فرض انه } n &= \text{ اكبر جهد للشد في الخرسانة} \\ n &= \text{ » » للضغط في الخرسانة} \\ n &= \text{ » » للشد في الصلب} \\ n &= \text{ » » للضغط في الصلب} \\ n &= \text{ مساحة الصلب} \end{aligned}$$

$$n = \text{ » الخرسانة فوق محور الخمول}$$

وحيث ان الخرسانة اعتبرت مشتركة مع الصلب في تحمل الشد فيجب ان يكون تحريفهما واحدا ونفرض أن n معامل المرونة للصلب $n = \text{معامل المرونة للخرسانة}$

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

فمن شكل ٧ حيث أن النحريف متساو في الصلب والخرسانة ينتج ان

$$c : \bar{c} = y : \bar{y}$$

$$c : \bar{c} = y : \bar{y} \times n = \text{مساحة التسليح (الصلب)}$$

(١) تستبدل بمساحة مقدارها n من الخرسانة وعلى ذلك تكون المساحة المكافئة للقطاع هي

و عم التي تحدث في الكرة شرخاً أو كسراً بالشد $= \frac{F \times 1}{\sigma}$ عمق ومنه
 $F =$ القوة النهائية التي تحملها الخرسانة في الشد $= 10.4$
 كيلوجرام على السنتيمتر المربع

$$\sigma = \frac{10.4 \times 2600}{11.4} = 2320 \text{ كيلو جراما سنتيمتراً}$$

والحمل القاطع $= \frac{4 \times 2320}{213.36} = 36$ كيلو جراما
 بنفس الطريقة وجدت العزوم والمقادير الأخرى المبينة بالجدول
 نمرة (١) لاعتاب مختلفة وفي الجدول الأتي نجد عزم المقاومة النظرى
 المسبب للكسر مع عزم المقاومة الحقيقى

وهذه الكمرات قد صنعت من خرسانة بنسبة ١ : ٢ : ٥ محتوياتها
 مباللة وأختبرت بعد مضى شهرين على فتحة مقدارها ٢١٣.٣٦ سنتيمترا
 [عزم المقاومة من تأثير وزن الكرة $= 2500$ كيلوجرام سنتيمتر
 لان الكمرات وزن ١٣٦ كيلوجراما]

كمرات ذات مقطع مثلثى $20.3 \times 20.3 \times 20.3$ سنتيمترا
 مصنوعة من خرسانة بنسبة ١ : ٢ : ٥ أختبرت بعد مضى شهرين
 على فتحة مقدارها ٢١٣.٣٦ سنتيمترا ومحملة بحمل مركزى (اى فى
 المنتصف) [

جدول غمرة ١١

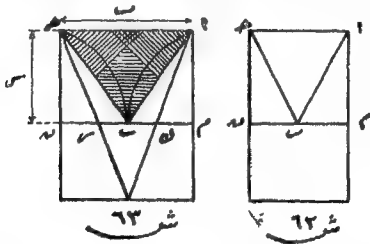
رقم	قطر التسليح	بعد التسليح من اعلى بالليمتر	عزم المقاومة النظري التشفق بالكيلوجرام سنتيمترا	عزم المقاومة الحقيقي عند الكسر الاول بالكيلوجرام سنتيمترا	عزم المقاومة الذي كسرت الكمره عنده بالكيلوجرام سنتيمترا
١	قضب قطر ٢٥ ر ٤	٢٢	٢٨٣٠	٣٠٦٠٠	٤٦٠٠٠
٢	»	»	٢٨٣٠	٤٢٦٠٠	٤٨٠٠٠
٣	»	»	٢٨٣٠	١٥١٠٠	٥٠٠٠٠
٤	»	»	٣٣٤٠	٢٩٩٠٠	٣٦١٠٠
٥	»	»	٣٣٤٠	١٨١٠٠	١٨١٠٠
٦	»	»	٣٨٧٠	٦٠٥٠٠	٦٥٥٠٠
٧	»	»	٣٨٧٠	٥٩٨٠٠	٧٣٠٠٠
٨	»	»	٤٦٥٠	٥١٠٠٠	٧٣٠٠٠
٩	»	»	٤٦٥٠	٧٥٠٠٠	٩٤٢٠٠
١٠	»	»	٣٦٨٠	٥١٣٠٠	٥١١٠٠
١١	»	»	٣٦٨٠	٤٣٠٠٠	٥٤٨٠٠

وترى من الجدول أن

أولاً — المقاومة الحقيقية تبلغ ١٥ مرة المقاومة المحسوبة
وهذا يدل على أن نظرية اشراك الخرسان مع الصلب في تحمل
الشند ليست بصحيحة

وفي الحقيقة يمكننا أن نجعل الخرسان تنشق من أسفل ونرى من
الحانة الأخيرة من الجدول عمرة (١) أن الاعتاب انكسرت بعزم
مقداره مرة ونصف العزم عند أول شرخ وفي الحقيقة أن الشروخ
التي تحصل في الأول لا تضر العتب إذا كلما اتقينا من الخرسانة تحت
محور الخمول كلما كان أوفر وظاهر ذلك من الشكل بأنخاذ الاعتاب
المثلثة المقطع

ثانياً — الألياف في الجزء الأعلى من محور الخمول معرضة للضغط
ويختلف الضغط من صفر عند محور الخمول إلى النهاية العظمى في أعلى الكره

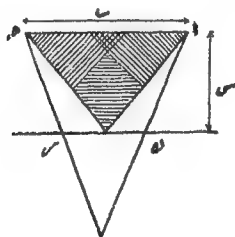


ويمكن استبدال المستطيل $ام$ بـ $م$ يمثل $ا$ بـ موزعا عليه
الضغط بانتظام وهذا الضغط يساوي أقصى ضغط ويسمى المثلث
 $ا$ بـ بالمساحة المكافئة

ومساحة هذا المثلث المكافئ تساوى $\frac{ص \times ع}{٣}$ و \therefore مساحة
الجزء الخامل والذي يمكن الاستغناء عنه $= \frac{ص \times ع}{٣}$
أى ان نسبة الجزء الخامل فى المساحة الى المستطيل ا م ن ه
= $\frac{١٠٠}{١٠٠} \%$

اما المساحة المكافئة فى الاعتبار المثلثة المقطع فى الشكل المظلل
ومساحته كما سأبينها فيما يأتى هى $\frac{ص \times ع}{٣} \left(\frac{ص}{٣} - \frac{ع}{٣} \right)$
ومساحة الجزء الخامل هى الفرق بين مساحة الشكل ا ك ر ه
والمساحة المظلمة

$$= \frac{ص}{٣} \times \left(\frac{ص^2 - ع^2}{٣} \right) - \frac{ص \times ع}{٣} = \text{مساحة ا ك ر ه}$$



ش ٦٤

$$\begin{aligned} \text{مساحة} \quad \frac{ص \times ع}{٣} - \frac{ص \times ع}{٣} &= \frac{ص \times ع}{٣} - \frac{ص \times ع}{٣} = \frac{ص \times ع}{٣} \\ \text{الجزء الخامل} &= \frac{ص \times ع}{٣} - \frac{ص \times ع}{٣} = \frac{ص \times ع}{٣} \\ &= \frac{ص \times ع}{٣} - \frac{ص \times ع}{٣} = \frac{ص \times ع}{٣} \end{aligned}$$

ج ١٠ نت

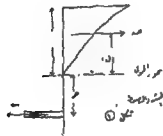
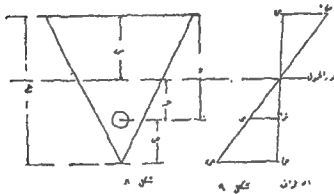
$\frac{3 \times 3 \times 3}{6} = 4.5$ فتكون نسبة مساحة الجزء الخامل الى الكل $\frac{4.5}{18} = 0.25$

$$\text{وهكذا } \frac{3 \times 3}{2 \times 4} - \frac{2 \times 2}{2 \times 4} - \frac{1 \times 1}{2 \times 4} - \frac{1}{4} = \frac{12 - 4 - 1 - 1}{4} = \frac{6}{4} = 1.5$$

$$= \frac{1}{4} - \left[\frac{3 \times 3}{2 \times 4} + \frac{2 \times 2}{2 \times 4} + \frac{1 \times 1}{2 \times 4} \right] = \frac{1}{4} - \frac{12}{4} = -2.75$$

أى ان نسبة الفاقد أقل من ٥٠٪ بمقدار مجموع المتتالية الهندسية

التي بين القوسين ومجموع هذه المتتالية يساوى $\frac{1}{1 - \frac{1}{4}} = \frac{4}{3}$



والجدول الآتى يبين نسبة $\frac{3}{4}$ والنسبة المئوية للجزء الخامل في

مساحة الجزء الذى فوق محور الخمول فى الاعتبار التى عملتها

نمرة الكرة	قطر سيخ التسليح	نسبة $\frac{b}{c}$	النسبة المئوية للجزء الخامل الى مساحة الجزء الذى فوق محور الجول
١	٢٠٢٩٥	١٨١٥	٤٨ %
٢	» ١٢٢٧	٢٤٤	٤٧٦٨ %
٣	١٩٠٥	٣٢٢	٤٦٧٩ %
٤	١٤٢٩	٢٥٧	٤٧٥٨ %

وتستنتج من هذا الجدول أنه كلما زاد مقدار التسليح كلما قلت النسبة المئوية للجزء الخامل الى مساحة الجزء الذى فوق محور الجول وتستنتج ايضا ان هذه النسبة أقل من النسبة فى حالة الاعتاب المستطيلة المقطع أى ان هناك وفر بنحو الاعتاب المثلثية المقطع

والآن نبدأ بإيجاد مقاومة الاعتاب المثلثية المقطع نفرض ان الخرسانة لاتأخذ نصيبا من الشد وان المقطع يكون مستويا قبل وبعد الانثناء وان الخرسانة تتقبل التأثير الى الصلب

شكل (٨)

ونفرض ف_١ اقصى قوة للشد فى الخرسانة
 و ف_٢ » » للضغط
 و ف_٣ » » للشد
 و ف_٤ » » للضغط

ومن الشكل نمرة ٩

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\text{اقصى نقصان فى الخرسانة}}{\text{اقصى امتداد فى الصلب}}$$

نفرض ان $\frac{E}{E_1} = n$ نسبة معامل المرونة للصلب الى معامل المرونة
للخرسانة . $\therefore \frac{E}{E_1} = n$

$$\therefore s = m \times \frac{1}{n} \quad (١)$$

$$m \therefore s = w - m$$

$$\therefore w - m = m \times \frac{1}{n} \text{ من المعادلة (١)}$$

$$m \therefore w = m \left(1 + \frac{1}{n} \right)$$

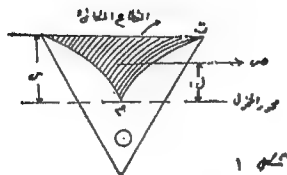
$$m = \frac{w}{1 + \frac{1}{n}}$$

ومن الشكل مرة ١٠

ش = الشد الكلى و ض = الضغط الكلى

$$\text{ش} = \text{ف} \times \text{ا}$$

ا = مساحة التسليح



حساب الضغط الكلى فى الخرسانه
ننشىء القطاع المكافىء أو المساحة المكافئة فالمساحة المظلمة تمثل
المساحة المكافئة فى شكل (١)

ولاحجاد المعادلة للمنحنى م ا ب من شكل (١١)

$$\frac{u}{m} = \frac{u}{m} \dots \dots \dots (٤)$$

ومن الشكل (١١) أيضاً

$$\frac{u}{m} = \frac{u}{m} = \frac{u}{m} = \frac{u}{m} \dots \dots \dots (٥)$$

$$\therefore \frac{u}{m} = \frac{u}{m} \times \frac{u}{m} = \frac{u}{m}$$

ومن المعادلة (٤)

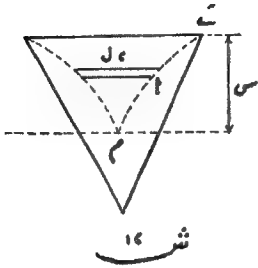
$$\frac{u}{m} = \frac{u}{m} \times \frac{u}{m} \dots \dots \dots \text{التي هى معادلة من الدرجة الثانية}$$

لايجاد الضغط الكلى : شكل ١٢ وشكل ١٣

نأخذ شقة صغيرة عرضها ٢ل وارتفاعها ٢ص ووحدة الضغط
عليها ٢ف فيكون الضغط على هذه الشقة = ٢ل × ٢ص × ٢ف
ويكون الضغط الكلى م = تكامل الضغط على الشقة

$$م = \int ٢ل \times ٢ص \times ٢ف$$

ثم نستبدل ٢ل بالمقدار الذى سبق ايجاده



$$\begin{aligned} \text{م} &= \text{س}^2 \times \frac{1}{3} \times \left[\frac{\text{ع} - \text{س} + \text{م}}{\text{ع}} \right] \text{وس} \\ \text{س} &= \text{م}^2 \times \frac{1}{3} \times \left[\frac{\text{ع} - \text{س} + \text{م}}{\text{ع}} \right] \text{وس} \\ &= \frac{\text{ع}^2}{3} \times \left[\frac{\text{ع} - \text{س} + \text{م}}{\text{ع}} \right] \text{وس} \end{aligned}$$

$$\text{ف} \frac{\text{ع}^2}{3} \left[\frac{\text{ع}}{\text{ع}} + \frac{\text{س}}{\text{ع}} - \frac{\text{م}}{\text{ع}} \right]$$

$$= \frac{\text{ع}^2}{3} \left[\frac{\text{ع}}{\text{ع}} + \frac{\text{س}}{\text{ع}} - \frac{\text{م}}{\text{ع}} \right]$$

$$\therefore \left\{ \frac{\text{ع}}{\text{ع}} + \frac{\text{س}}{\text{ع}} - \frac{\text{م}}{\text{ع}} \right\} \frac{\text{ع}^2}{3} = \text{م}$$

$$(٦) \quad \dots \left\{ \frac{\text{ع}}{\text{ع}} - \frac{\text{س}}{\text{ع}} \right\} \frac{\text{ع}^2}{3} =$$

وبما ان الضغط الكلى في الخرسانه = الشد الكلى في الصلب

$$\therefore \text{الشد ا ف} = \frac{\text{ع} \times \text{س}}{\left\{ \frac{\text{ع}}{\text{ع}} - \frac{\text{س}}{\text{ع}} \right\}}$$

$$\therefore \text{ف} = \frac{\text{ع} \times \text{س}}{\left\{ \frac{\text{ع}}{\text{ع}} - \frac{\text{س}}{\text{ع}} \right\}}$$

ولكن من المعادلة (١)

$$\frac{\text{ع}}{\text{ع}} = \frac{\text{س}}{\text{ع}}$$

$$\frac{\text{ع}}{\text{ع}} = \frac{\text{س}}{\left(\frac{\text{ع}}{\text{ع}} - \frac{\text{س}}{\text{ع}} \right)}$$

$$\therefore \text{س} = \frac{\text{ع}}{\left(\frac{\text{ع}}{\text{ع}} - \frac{\text{س}}{\text{ع}} \right)}$$

$$\therefore S^2 = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right) = 0$$

$$S^2 = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right) = 0$$

$$S^2 = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right) = 0 \quad (8)$$

وهذه معادلة من الدرجة الثالثة

ومنها يمكن تعيين محور الجول اذا علم لنا مساحة الصلب ولايجاد مركز الضغط أو بعبارة أخرى لايجاد مركز النقل للمساحة المكافئة

(المساحة المكافئة هي المساحة التي عليها الجهد موزع بانتظام ويساوى أقصى جهد على العتب)

$$\text{نقول } S = \frac{S_1 \times S_2 \times S_3}{\left[\frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right]}$$

لـ بعد مركز الضغط عن محور الجول

$$\therefore \text{مر } 2 = \text{نكاح } S_1 \times S_2 \times S_3 \left\{ \frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right\}$$

أى العزم للضغط الكلى حول محور الخمول = تكامل العزم

بالنسبة للسقة

$$= \frac{S_1 \times S_2 \times S_3}{\left[\frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right]} = \text{نكاح } S_1 \times S_2 \times S_3$$

$$= \frac{S_1 \times S_2 \times S_3}{\left[\frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right]} = \text{نكاح } S_1 \times S_2 \times S_3$$

$$ل = \frac{٤٣١ - ١٧٨ \times ٤}{٤٣١ \times ٢ - ١٧٨ \times ٦} = ٢٩٣٣٧ \text{ سم}$$

$$\therefore \text{عم} = (٨٣٨٢ + ٢٩٣٣٧) \times ٩٩٧٩٠٤ = ١١١٥٠ \text{ ك. سم}$$

$$\frac{٤ \times ١١١٥٠}{٢١٣٣٦} = \text{وحمل الامن في منتصف العتب}$$

$$= ٢١١٣٧٤ \text{ كيلو جرام}$$

$$\text{عزم المقاومة الذى بسبب كسر الخرسانة} = ١١١٥٠ \times ٥ = ٥٥٧٥٠ \text{ ك. س. م}$$

$$\text{والحمل القاطع في منتصف العتب} = ١٠٥٦٩٨٦ \text{ ك. م.}$$

ثم نأخذ العزوم حول مركز الضغط في الخرسانة فينتج

$$\text{عم} = ف١ (ل + م)$$

$$ف = ٩٣٨ \text{ ك. م. ك. سم}^٢$$

$$\text{عم} = ٩٣٨ \times ١٥٢٧ \times ١١٣١٦ = ١٣٤٠٠ \text{ ك. سم}$$

$$\text{وحمل الامن حينئذ} = ٢٥١ \text{ ك. م.}$$

وعزم المقاومة الذى بسبب خضوع الصلب

$$= ١٣٤٠٠ \times \frac{١}{١٦} = ٤٢٤٠٠ \text{ ك. سم}$$

ولانى وجدت الصلب الذى استعملته له حمل تسليم مقداره ٢٩٦٠٠ كيلو جرام على السنتيمتر المربع

والحمل القاطع في هذه الحالة = ٧٩٥ ك. جرام

وعنده حساب حمل الامن لا بد وأن نعتبر الحمل ٢١١٣٧٤

ك. جرام وليس ٢١٥ ك. جرام

وبل الخرصان ثم قلب ثلاث مرات قبل البل وبعده . وبعد
مضى شهرين اجربت التجارب على السكرات بوضع حمل على
منتصف مسافة قدرها ٢١٣٣٦ س.م.

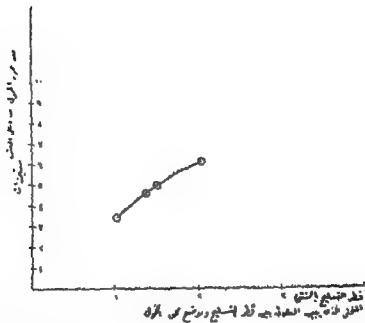
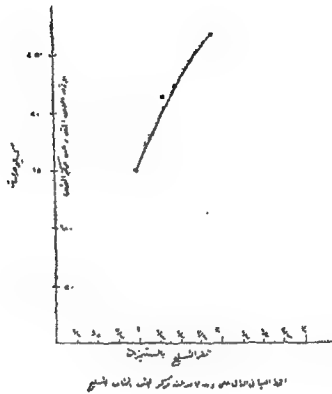
السكرة نمرة ٢ حملت مخائما ولذلك لاعبرة للعدد . ٤٣ لان الحمل
الذى بوضع بالتدريج = نصف الحمل الفجائي

نلاحظ في هذا الجدول ان في بعض الاعتبار الحمل المأمون
اكبر من الحمل المسبب لاول شق ومع ذلك لاخوف من استعمال
هذا الحمل المأمون لان الشقوق الاولى في اسفل الكرة لا تؤثر بالمرّة
ولا خوف منها

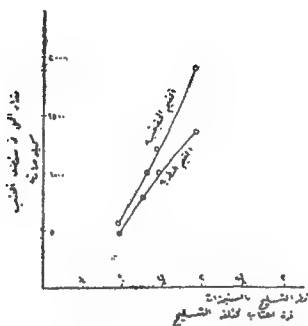
ومن الجدول الاتي نرى ان الاعتبار الاول وهو نظرية اشتراك
الخرصان مع الصلب في الشد غير حقيقة لان الحمل القاطع النظري
يقرب للحقيقي في الاعتبار الثاني عن الاول

« مقارنة »

نمرة الكرة	قطر الضيب المسليح	الحمل القاطع	الحمل القاطع	الحمل الحقيقي
		الاعتبار الاول كسج	الاعتبار الثاني كسج	كسج
١	٩ر٥	٦٣	٤٦٥	٦٧٥
٢	٩ر٥	٦٣	٤٦٥	٣٤٠
٣	١٢ر٧	٦٨ر٥	٨٠٩	١٠٢٥
٤	١٢ر٧	٦٨ر٥	٨٠٩	٩٨٥
٥	١٤ر٢٩	٧٢ر٥	٩٦٠	١٠٤٠
٦	١٤ر٢٩	٧٢ر٥	٩٦٠	١٦٨٠
٧	١٩ر٠٥	٨٧ر٢	١٣٦٠	٢٠٤٠
٨	١٩ر٠٥	٨٧ر٢	١٣٦٠	١٧٧٠



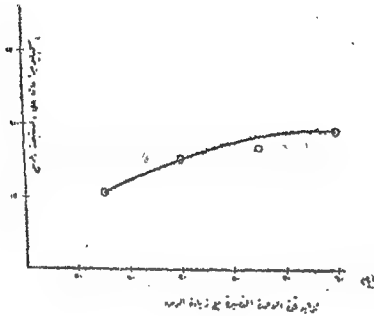
وعملت تجارب على اعتبار لايجاد التأثير الناتج من اختلاف موضع الصلب والجدول الاتي نمرة ٣ مدين به بعد التماسك من السطح الاعلى الكرة لمتصف الصلب وحمل الامن المحسوب وايضا الحمل القاطع الحقيقي وذلك باستعمال القوانين السابقة



هذا وان الكمرات كانت من الخرسان المرطب المخلوط بنسبة ٥ : ٢ : ١ وعملت عليها التجارب بعد شهرين بتأثير احمال وضعت في منتصفاتها وكان طول الكمرات ٢١٣ر٣٦ سم ومقطعها مئاث متساوى الاضلاع طول ضلعه ٢٠ر٣ سم

« جدول نمرة ٣ »

الحمال الناظم الحقيقي	الحمال الناظم الحقيقي	الحمال الناظم الحقيقي	الحمال الناظم الحقيقي	الحمال الناظم الحقيقي	الحمال الناظم الحقيقي	مكان، او بعد التسليح من السطح الاسفل	الحمال الناظم الحقيقي
كج	كج	كج	كج	كج	كج		
٦٧٨	٦٧٥	٥٦١	٤٦٥	١٤٧	١٢٧	٥٠ر٧٩٩	١
	٣٤٠	٣٤٠	٤٦٥	١٤٧	١٢٧	٥٠ر٧٩٩	٢
٥٩٠	٥٩٠	٤١٠	٣٧٠	١١٨	١٠١ر٦	٧٦ر١٩٩	٣
	٥٩٠	٤٠٠	٣٧٠	١١٨	١٠١ر٦	٧٦ر١٩٩	٤
٤٤٦	٤١٠	٣٣٥	٢٧٣	٧١ر٥	٦٣ر٥	١١٤ر٣	٥
	٤٨٥	٤٨٥	٢٧٣	٧١ر٥	٦٣ر٥	١١٤ر٣	٦

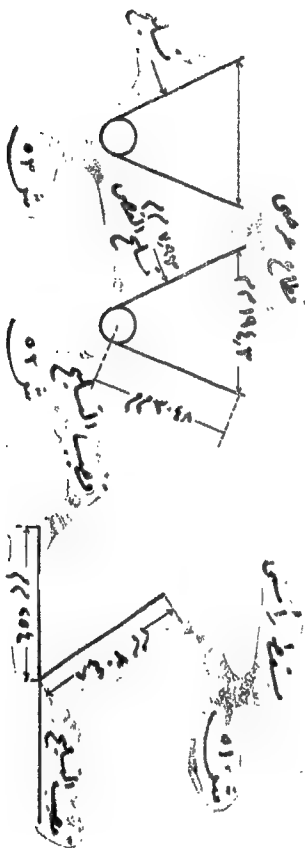


والخط البياني يبين ان قوة الكمرة تتغير بتغير العمق المؤثر اى كلما كان التسليح اعماق كانت الكمرة أقوى والتجربة تثبت ذلك ايضا وكان للكمرة الثانية شرخ قبل التجربة ووضعنا الحمل فجأة ولذلك لم تكن قوتها هي الحقيقية لان تأثير الحمل الذى يوضع سريعا ضعيف الذى يوضع ببطء وكان للصاب دائما حمل امن اكبر من حمل الخرسان ولما كانت كل الكمرات كسرت بتأثير خضوع الصلب وليس بتأثير الضغط على الخرسان نستنتج من ذلك أن ما اعتبرناه كعامل للأمن لهذه الكمرات اكثر من الحقيقة وعليه فلو اعتبرنا معامل الامن ٣ يكون ذلك أقرب للحقيقة

وقد اخذنا عدد من الكمرات لنبين عايتها تأثير تسليح القص

والاخر غير مسلح

وكانت الكمرات في
كلتا الحالتين مكونه من
الخرصان المرطب المحلوط
بنسبة ٥:٢:١ وعملت عليها
التجارب بعد شهرين تحت
تأثير احمال وضعت في
المنتصف وكان طولها
٢١٣.٣٦ سم والنتائج مدونة
في الجدول الآتي مرة ٤
والتسليح للقص يتركب
من قضيب قطره ٧.٩٣ مم
وشبكة كالبين بحواره



« جدول نمرة ٤ »

نمرة الكمرة	قطر قضب التسليح مم	الحمل عند اول شرخ كج	القوة الحقيقية للكمرة كج	ملاحظات
١	٩٥	٤١٥	٥٩٠	بدون تسليح القص
٢	٩٥	٣٩٧	٥٩٠	» » »
٣	٩٥	٥٦٠	٦٧٥	» مسلحة
٤	٩٥	٧٠٠	٧٠٠	» »
٥	١٤٢٩	١٢٦٥	١٣٧٠	بدون تسليح
٦	١٤٢٩	١٢٦٠	١٤٧٥	» »
٧	١٤٢٩	١٥٥	١٠٤٠	» مسلحة
٨	١٤٢٩	١٦٦٥	١٦٧٠	» »

متوسط قوة الكمرة ١٩ نمرة ٢ هو ٩٥٠ ك جرام ومتوسط
قوة الكمرة ٣ نمرة ٤ هو ٦٨٧ ك جرام وهما مساحتان ومن هذا
نستنتج ان المساحة للقص قوتها تزيد عن الغير مساحة للقص بمقدار
 $٦٨٧ - ٥٩٠ = ٨٧$ ك جرام او $\frac{٨٧}{١٠٠} \times ١٧ = ١٧ \%$

وكذلك متوسط قوة الكمرة ٨ هو ١٤٢٠ ك جرام وقد
تبين لنا من التجربة ان قوة الكمرة نمرة ٧ حقيقية وذلك ناشيء من
ان الحمل وضع عليها فجأة ولكن اذا قارنا متوسط قوة الكمرة نمرة
٦ هو ١٤٢٠ ك جرام لقوة الكمرة نمرة ٨ وهي ١٦٧٠ ك جرام
نستنتج ان التسليح للقص يزيد قوة الكمرة بمقدار $\frac{١٧}{١٠٠} \%$ عن قوة
الكمرة الغير مساحة تسليحا للقص

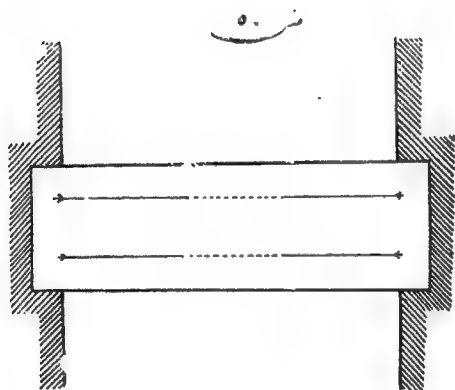
وعملت اعتبارا لاجاد تأثير التسليح من اعلى واسفل

(الاعتبار ذوات المقطع الثلاثى المسلحة من اعلى واسفل)

نعم وان كان الخرصان فى حالة الضغط الا انه من المستحسن ان يكون هناك تسليح للشد والضغط فى العتب

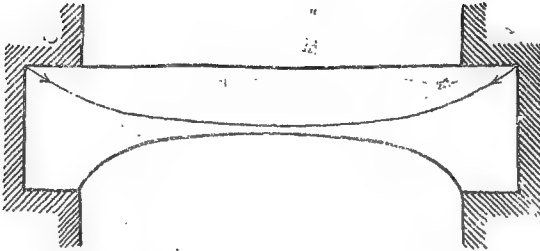
وفى الاعتبار المثبتة فى الطرفين يكون العزم فى النهاية فى اتجاه يخالف اتجاه العزم فى الوسط ولذلك يعمل التسليح كما الشكل فى المبنى

بعد : —



بشرط ان يكون التسليح فى النهاية بطول كافى يساعد على التماسك ومع ذلك فى الغالب يعمل التسليح العلوى من اول العتب لآخره . وكذلك فى الكمرات المرتكزة على جملة نقط بوضع الصلب فى أعلى لياخذ الشد

ش ٥٥



ما في العقود المصنوعة من الخرسان فانها تسقط اما يحدث شقوق في السطح الداخلي عند القمة او في السطح الخارجي عند ساقى العقد وعلى ذلك فأحسن طريقة لتسليح العقد هو كما مبين بعد . ومع ذلك فارتفاع الحرارة يحدث شداً في القمة في السطح العلوى ولذلك عمل التسليح في كل العقد



حساب مقاومته اعتباراً من ثلثيه المقطع مسلحة في أسفلها وإعلائها

في السطح العلوي عند القمة

الكمر ذو القطاع المثلثي المسلح في أعلا وأسفل التحليل

الفروض : — (١) لا يوجد شد في الخرسان . أما الصلب

الذي في أعلا الكمر يساعد الخرسان في الضغط

(٢) الانحرافات الحادثة مفروض أنها تتغير طردياً مع المسافة

من محور التحول باعتبار أن : $f =$ أكبر قوة للشد في الصلب

$$q = \text{« » للضغط « »}$$

$$f' = \text{« » للشد « » الخرسان}$$

$$n = \text{« » للضغط « » وي معامل المرونة}$$

للصلب وي معامل المرونة للخرسان

من الشكل ١٥ نستنتج أن الانحراف في الخرسانة أعلا الكمره
الانحراف في الصلب

$$\frac{s}{h} = \frac{s - s_1}{h} =$$

$$\frac{s}{h} \times \frac{h}{s} = \frac{1}{s} \frac{s}{h} = \frac{1}{\frac{h}{s}}$$

$$\text{نفرض أن } s_1 = 0 \therefore s = h \times \frac{1}{s} \quad (١٦)$$

$$\text{وكذلك } \frac{s - s_1}{s} = \frac{\frac{h}{s}}{\frac{1}{s}}$$

$$\frac{s - s_1}{s} = \frac{h}{s} \therefore$$

$$(١٧) \quad \left[\frac{١٤-٣}{٣} \right] \times ١٠ = ٣٠$$

$$\text{وكذلك } \frac{١٤-٣}{٣} = ٣$$

$$\left[\frac{١٤-٣}{٣} \right] \times ٣ = ٣٠$$

ومن المعادله (١٦) نستنتج أن

$$(١٩) \quad \frac{٣٠ \times ٣}{٣} = ٣٠$$

$$(٢٠) \quad ٣٠ \times \frac{٣}{٣} = ٣٠$$

وبتساوى الـ ٣٠ الا فقيه المؤثرة في الكبرة نستنتج أن شكل (١٦)
باعتبار ه = نسبة مساحة الصلب في حالة الشد الى مساحة
المقطع العرضى

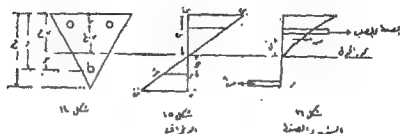
و ه = نسبة مساحة الصلب في حالة الضغط الى مساحة
المقطع العرضى

و ا = مساحة الصلب في حالة الشد

و ا = مساحة الصلب في حالة الضغط

$$(٢١) \quad ٣٠ \times ١ = ٣٠$$

$$(٢٢) \quad \left(\frac{٣}{٣} - \frac{٤}{٣} \right) \times \frac{٣٠ \times ٣ \times ١}{٣} = ٣٠$$



وبمعرفة h و h_1 يمكننا استخراج قيمة s و
وبذلك يمكن تعيين محور الخمول .

ويمكن كتابة المعادلة رقم (٢٦) كالآتي

$$h(h-s) = e^2 h_1 (s - e_1) + s^2 + s^2 \left(\frac{e}{h} - \frac{e_1}{h_1}\right)^2$$

وقد سبق أن ينأ في الجزء الاول إن (ل) هو البعد بين مركز
الضغط في الخرسانة ومحور الخمول تساوى

$$l = \frac{e - e_1}{s - e_1} \times s$$

فاذا اخذنا العزوم حول مركز الشد في الصلب ينتج ان

$$عزم المقاومة = h^2 s (s + e - e_1) + s (s + l) (e - l)$$

$$= h^2 s (s + e - e_1) + \frac{s^3}{e} \left(\frac{e}{h} - \frac{e_1}{h_1}\right) (l + s)$$

وبالاستبدال عن الكمية ق بالكمية ق، ينتج ان

$$عزم المقاومة = h^2 s (s + e - e_1) + \frac{s^3}{e} (e - e_1) + \frac{s^3}{e} (e - e_1)$$

$$= \frac{s^3}{e} (l + s) \left(\frac{e}{h} - \frac{e_1}{h_1}\right)$$

$$= \frac{s^3}{e} \left[\frac{e}{h} (e + l) \left(\frac{e}{h} - \frac{e_1}{h_1}\right) + \frac{e - e_1}{e} \right]$$

$$= \frac{s^3}{e} \left[\frac{e}{h} (e + l) \left(\frac{e}{h} - \frac{e_1}{h_1}\right) + \frac{e - e_1}{e} \right]$$

$$[(l + s)]$$

واذا اخذنا العزوم حول مركز الضغط في الصلب ينتج

$$عزم المقاومة = h^2 s (s + e - e_1) + s (s + l) (e - l)$$

$$= h^2 s (s + e - e_1) + \frac{s^3}{e} \left(\frac{e}{h} - \frac{e_1}{h_1}\right) (l + s)$$

$$= \text{ف س ع}^2 \left[\frac{(\text{ع} - \text{و})}{\text{ع}^2} - \frac{\text{س}^2}{\text{ع}^2} - \frac{(\text{س} - \text{ل})}{\text{ع}} \right]$$

$$= \text{ف س ع}^2 \left[\frac{(\text{ع} - \text{و})}{\text{ع}^2} - \frac{\text{س}^2}{\text{ع}^2} - \frac{(\text{س} - \text{ل})}{\text{ع}} \right]$$

$$= \text{ف س ع}^2 \left[\frac{(\text{ع} - \text{و})}{\text{ع}^2} - \frac{\text{س}^2}{\text{ع}^2} - \frac{(\text{س} - \text{ل})}{\text{ع}} \right]$$

ثم نأخذ العزوم حول مركز الضغط في الخرصانه ينتج

عزم المقاومة = $\text{ه} \text{س}^2 \text{ب} (\text{ل} + \text{ح}) + \text{ق} \text{ه} \text{س}^2 (\text{س} - \text{ل} - \text{ع})$

وبالتعويض عن ب ينتج

عزم المقاومة = $\text{ه} \text{س}^2 \times (\text{ل} + \text{ح}) + \frac{\text{و}}{\text{ع}} (\text{س} - \text{ل} - \text{ع})$

(س - ل - ع)

$$= \text{ف س ع}^2 \left\{ \frac{(\text{س} - \text{ل} - \text{ع})}{\text{ع}^2} + \frac{\text{ح}(\text{ل} + \text{ح})}{\text{ع}(\text{س} - \text{ل} - \text{ع})} \right\}$$

ولكن $\text{ح} = \text{و} - \text{س}$

فتصير المعادلة (٣٠) كالآتي

$$= \text{ف س ع}^2 \left[\frac{\text{و} - \text{س}}{\text{ع}} + \frac{\text{و} - \text{س}}{\text{ع}} \right]$$

(٣١)

ولنبداً الان يعتبر ذو قضيب من فئة ١٩٠٥ مم عند ٥٠٠ مم

من الاسفل وقضيب آخر من فئة ١٩٠٥ مم عند ٢٥٤ مم من اعلا العتب

$\text{ه} = ٠١٥٨ \text{ ر} \quad \text{ه} = ٠١٥٨ \text{ ر}$

أى اننا سنستعمل تسليح متساوى في اعلا واسفل العتب

فاذا استعملنا المعادلة (٢٦) لتعيين محور الجول ينتج

$$= 10 (127 - 1778) (س - 1778) = 2س^2 + 12س - 1778(س - 1778) = 2س^2 + 12س - 1778س + 1778^2$$

$$س = 4572 م$$

$$ل = 4572 \times \frac{4572 - 1778 \times 4}{457 \times 2 - 1778 \times 6} = 310 \text{ سهم}$$

والآن باستعمال المعادلة (٢٨) ينتج

عزم المقاومة = ١٦٦٥٠ ك جرام سهم

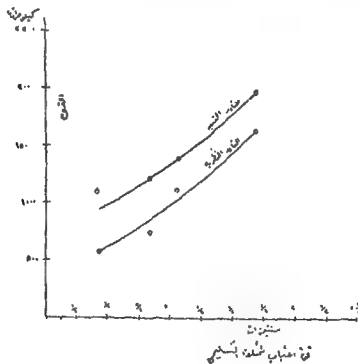
وعزم الانحناء المسبب لضغط الخرسانة = ١٦٦٥٠ × ٥ = ٨٣٢٥٠

ك جرام سهم

وباستعمال المعادلة (٢٩) ينتج

عزم المقاومة = ٣٩٧٥٠ ك جرام سهم

وعزم الانحناء المسبب لتسليم الصلب = ١٢٥٥٠٠ ك جرام سهم



وباستعمال معادله (٣١) بعد إيجاد قيمة u من المعادلة

$$u = \frac{u - \frac{u}{s}}{s}$$

لان الصلب يعمل مع الخرسانة في جزء الكرة المستحمل للضغط
وعليه يكون له نفس التحريف

وعليه من معادله (٣١) $عم = ٤٤٦٠٠ ك س م$

وعزم الانحناء المسبب للسقوف $= ٧٧٧٠٠ ك س م$

ثم تأخذ كميات اصغر عزم من العزوم ١٣٢٥٠٠ و ١٢٥٥٠٠٠

$$٧٧٧٠٠٠ \text{ والجمل القاطع } = \frac{٤ \times ١٧٢٠٠}{٨٤} = ٣٦٥٠ \text{ كيلو جراما}$$

عملت كميات من الخرسانة بنسبة ١ : ٢ : ٥ رخوه واختبرت بعد

شهرين بحمل في وسطها على طول $٢١٣٣٦ س م$

وكانت الكميات ذات قطاع مثلثي $٢٠٣ \times ٢٠٣ \times ٢٠٣ س م$

وطولها $٢٤٣٨ س م$ باطراف مستطيلة الشكل والنتائج مبينة في

جدول ٥

(جدول ٥)

نمرة الكمية	قطر التسليح في الاصل	قطر التسليح قطر التسليح في الاصل	المساحة في التسليح	الاجل الثاني المحسوب في الوسط	موضع محور الجول من الجول	القوة الفعلية الكمية عند اول شرح	الاجل الثاني المحسوب في الوسط	نمرة الكمية
١	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	١
٢	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٢
٣	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٣
٤	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٤
٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٥
٦	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٦
٧	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٧
٨	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٩٥	٨

على الصفة المقابلة نرى منحنيا يبين العلاقة بين مقدار التسليح والقوة ومنه نرى ان القيم الفعلية تزيد ٢٠ ٪ تقريبا عن القيم المحسوبة بينما الاحمال التي جعلها الشق الاول هي تقريبا نفس القوة المحسوبة للكمية

(مقارنه بين الاعتبار)

(١) الاعتبار المسلحة بأسفلها

(ب) الاعتبار المسلحة بأسفلها واعلاها

جدول (٦)

٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
نسبة الزيادة لثبوت في القوة	زيادة القوة في اعلى ب	الفترة المتوسطة	القوة المعينة	نسبة التسامح المئوية	قطر التسامح المعوى	قطر التسامح السمالى
	ك جرام	ك جرام	ك جرام			
	ب	٦٧٧ر٥	٦٧٥	٠٣٨٩	م صفر	٩ر٥ م
		٦٧٧ر٥	٦٨٠	٣٨٩	» ٠٠	٩ر٥ م
			٧٤٧	٧٧٨	» ٩ر٥	٩ر٥ م
٢٣٣٧٪	١٦١ر٥	٨٣٩	٩٣١	٧٧٨	» ٩ر٥	٩ر٥ م
	ب	١٠٠٢ر٥	١٠٢٠	٧١	» صفر	١٢ر٧ م
			٩٨٥	٧١	» ٠٠	١٢ر٧ م
			١٢٢٠	١ر٤٢	» ١٢ر٧	١٢ر٧ م
١٩٩ر٤٪	١١٥ر٥	١١٨٠	١١٤٠	١ر٤٢	» ١٢ر٧	١٢ر٧ م
	ب	١٣٥٥	١٠٤٠	٠ر٨٩	» صفر	١٤ر٢٩ م
			١٦٧٠	٠ر٨٩	» ٠٠	١٤ر٢٩ م
			١٤٢٠	١ر٧٨	» ١٤ر٢٩	١٤ر٢٩ م
صفر٪	صفر	١٢٥٥	١٢٩٠	١ر٧٨	» ١٤ر٢٩	١٤ر٢٩ م
	ب	١٩١٠	٢٠٤٠	١ر٥٨	» صفر	١٩ر٠٥ م
			١٧٨٠	١ر٥٨	» صفر	١٩ر٠٥ م
			١٨٣٠	٣ر١٦	» ١٩ر٠٥	١٩ر٠٥ م
٣٥٪	١٥	١٩٢٥	٢٠٢٠	٣ر١٦	» ١٩ر٠٥	١٩ر٠٥ م

ويلاحظ في الخانة (٧) من الجدول (٦) ان الزيادة في القوة
برغم تضعيف التسليح هي ٢٣٧٪. في التسليح الخفيف
وليس هناك أى زيادة في التسليح ذي الحجم ٣٨.٢٥ مم كما ان
الزياد في الكرات ذوات التسليح الثقيل هي ٣٥ ٪ فقط
ثم أجريت تجارب لايجاد تأثير وضع قضيب التسليح عند مركز

ثقل القطاع

الكرات عمره -	١	٢	٣	٤	٥
٢ قطر التسليح	٢٥٤	٢٥٤	٢٥٤	١٢٧	١٢٧
٣ نسبة التسليح المؤثر الى مساحة الخرسانة	٥٦٨	٥٦٨	٥٦٨	١٤٢	١٤٢
٤ بعد محور الجول عن قمة الكرة	٣٩٦٢	٣٩٦٢	٣٩٦٢	٢٥٦٥	٢٥٦٥
٥ قوة الكرة الحسوبة	١٠٧٥	١٠٧٥	١٠٧٥	٩٥٠	٩٥٠
٦ الحمل الثقلي عند الاول التثاقق	٥٧٢	٨٠٠	٢٨٤	١٨٤	٢٠٤
٧ الحمل الداعي للسقوط	٨٦٣	١٢٨٠	٩٤٠	٣٩٠	٤١٨

كرات موضع قضيب
التسليح بها عند مركز
ثقل قطاعها

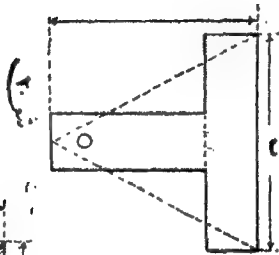
كانت الكرات تعمل
من ١ : ٢ : ٥ من الخرسانة
الرخو وتختبر بعد مصى
شهرين بالتحميل على منتصفها
على طول قدره ٢١٣٣ سم
ونلاحظ أن الثلاث
كرات الاولى نعطينا
متوسطا قدره ١٠٢٨ كجرام
بينما نعطينا الرابعة والخامسة
متوسطا قدره ٤٠٤ كجرام

كما نلاحظ ايضاً أنه بالرغم ثقل تسليح كل من الثلاث كمرات الاولى يبلغ أربعة أمثال ثقل تسليح كل من الكمرتين الرابعة والخامسة نجد ان نسبة مقواه ليست إلا $\frac{1}{4} : \frac{28}{4} = 28$ والشبب هو وضع قضيب التسليح عند مركز الثقل ليس من الصواب الا اذا استعملت الاعتاب كدرج السلم

﴿ المقارنة بين الكمرات المثلثية والكمرات ذات المقطع T ﴾

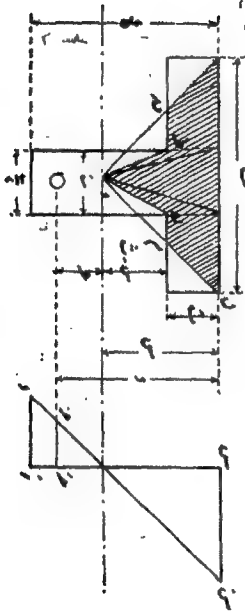
لقد شرحنا آنفا كيفية تحليل الكمرات المثلثية . والان نأتى على ذكر تحليل الكمرات ذات المقطع T فنقول
نعرض ان الكمرات كلها ذات عرض متساو من اعلا ونفرض
أيضا ان عمق الكمرة T $=$ عمق الكمرة المثلثية المقطع M $=$
مساحة الصلب

— ۳۸ —



۳۹

۳۹



محل قرار

$$\frac{س}{هـ} = \frac{\frac{\text{وحده الضغط على وحده المساحة}}{\text{معامل المرونة للخرصان}}}{\frac{\text{وحده الشد على وحده المساحة}}{\text{معامل المرونة للصلب}}} = \frac{س}{هـ} \cdot \frac{س}{هـ}$$

ولنفرض أن $س =$ أكبر قيمة لقوة الضغط (على وحدة المساحة) للخرصان

$$س = س \cdot \frac{س}{هـ} = \dots \dots \dots \text{الشد} \dots \dots \dots$$

$$س = س \cdot \frac{س}{هـ} = \dots \dots \dots \text{الضغط} \dots \dots \dots \text{للصلب}$$

$$س = س \cdot \frac{س}{هـ} = \dots \dots \dots \text{الشد} \dots \dots \dots$$

$$س = س \cdot \frac{س}{هـ} = \dots \dots \dots \text{معامل المرونة للصلب}$$

$$س = س \cdot \frac{س}{هـ} = \dots \dots \dots \text{للخرصان}$$

$$س = س \cdot \frac{س}{هـ}$$

$$\frac{س}{هـ} = س \times \frac{1}{س}$$

$$\frac{س}{هـ} = \frac{1}{س}$$

$$\frac{1}{س} \times \frac{س}{هـ} \times س \times \frac{س}{هـ} = س$$

$$س = س - س$$

$$= \frac{1}{س} \times \frac{س}{هـ} = \frac{1}{هـ} \therefore \frac{1}{س} \times س = \frac{س}{هـ}$$

$$\frac{1}{س} (1 - \frac{س}{هـ})$$

$$\frac{1}{س} \times \frac{س}{هـ} = 1 - \frac{س}{هـ}$$

$$\frac{1}{س} \times \frac{س}{هـ} + 1 = \frac{س}{هـ}$$

$$(٣٣) \quad \frac{1}{س} \times \frac{س}{هـ} \times 1 = \frac{س}{هـ}$$

مجموع الضغط Σ = مساحة الجزء المظلل من شكل ٢١ مضروباً
في أقصى ضغط تحمله الخرسانة

$$\Sigma = \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \left\{ \frac{1}{4} \Sigma - \frac{1}{2} \Sigma + \frac{1}{4} \Sigma \right\} \quad (24)$$

$$\Sigma = \Sigma = 1 \times 1$$

أى أن الشد الكلى = الضغط الكلى

$$\therefore 1 \times 1 = \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \left\{ \frac{1}{4} \Sigma - \frac{1}{2} \Sigma + \frac{1}{4} \Sigma \right\}$$

$$\therefore \frac{1}{4} \Sigma = \frac{1}{4} \left\{ \frac{1}{4} \Sigma - \frac{1}{2} \Sigma + \frac{1}{4} \Sigma \right\}$$

ومن (٣٢) نجد

$$\frac{1}{4} \Sigma \times \frac{1}{4} = \frac{1}{4} \left\{ \frac{1}{4} \Sigma - \frac{1}{2} \Sigma + \frac{1}{4} \Sigma \right\}$$

$$\therefore \frac{1}{4} \Sigma = \frac{1}{4} \left\{ \frac{1}{4} \Sigma - \frac{1}{2} \Sigma + \frac{1}{4} \Sigma \right\} \quad (35)$$

معادلة من الدرجة الثانية للمقدار Σ

وإذا عرفنا أن Σ و Σ و Σ أمكننا تعيين المحور

لان $\Sigma = \Sigma - \Sigma$ والقيمة الموجبة للمقدار يعين موضع محور التحول

لايجاد مركز الضغط

تتبع في ذلك نفس الطريقة في إيجاد مركز الثقل للجزء المظلل من

المساحة تأخذ العزوم بالنسبة لمركز التحول

$$\Sigma \times 1 = \frac{1}{4} \left\{ \frac{1}{4} \Sigma - \frac{1}{2} \Sigma + \frac{1}{4} \Sigma \right\}$$

$$\therefore \frac{1}{4} \Sigma \times \frac{1}{4} = \frac{1}{4} \left\{ \frac{1}{4} \Sigma - \frac{1}{2} \Sigma + \frac{1}{4} \Sigma \right\}$$

$$\therefore \frac{1}{4} \Sigma = \frac{1}{4} \left\{ \frac{1}{4} \Sigma - \frac{1}{2} \Sigma + \frac{1}{4} \Sigma \right\}$$

$$ل = \frac{1}{3} \left\{ \frac{٢س٤ - ٣س٢}{٢س٢ + ٢س٢} (س - ث) \right\} (٣٦)$$

ولنقارن الان قضيتي ٧ - ٨ بجدول ٢ بقضيب T بنفس التسليم والارتفاع والعرض الاعلا فالقضبان ٧ و ٨ جدول ثمرة ٢ يعطيان متوسط $\frac{1}{2} (١٧٧٠ + ٢٠٤٠)$ ك جراما أى ١٩٠٥ كيلو جراما وحيث ان التسليم وعزم المقاومة واحدة في كلا الحالين

(١ + ح) أى بعد مركز العصب من مركز الضغط في الخرسانة لا بد ان يكون نفس البعد (ل + ح) في المقطع المثالي للقضيب في هذه الحال = ١٠.٩٢ سم وباستعمال معادلة ثمرة (٣٦) نجد

$$ل = \frac{1}{3} \left\{ \frac{٢س٤ - ٣س٢}{٢س٢ + ٢س٢} (س - ث) \right\} + ح = ١٠.٩٢ \text{ سم} \quad (١)$$

ولسكن ح = و = س = ٥

$$١٢.٠٠ + \left\{ \frac{٢س٤ - ٣س٢}{٢س٢ + ٢س٢} (س - ث) \right\} = ١٢.٠٠ \text{ سم} \quad (١)$$

الضغط الكلى = الشد الكلى

$$\text{مجموع الضغط القاطع في القضيب المثالي المقطع} = ٢٨١٢٥ \times ١٤.٠٦٥ = ٥ \times ١٢٧٥ = ٦٣٧٥ \text{ ك جرام وباستعمال معادلة ثمرة ٣٤ نجد}$$

$$(ب) \quad ١٢٧٥ = \left\{ \frac{٢٠٣ \times ١٢٣٠}{٢س} (س - ث) + ٢س٢ + ٢س٢ \right\} \quad (ب)$$

$$(ح) \quad ٢٠.٤ = \left\{ \frac{١٢٧٥}{٢٠.٣ \times ١٢٣} + ٢س٢ + ٢س٢ \right\} \quad (ح)$$

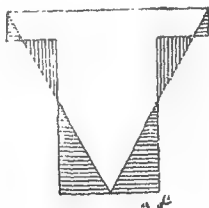
١٢٣ ك جراما = القوة القاطعة الخرسانة بنفس النسب من حيث التركيب والزمن المتخذ في الخرسانة المستعملة للفضبان

$$\text{من (١) } \left\{ \frac{٢(س - ث)^٢}{س٢٠٤} - ٢س \right\} \frac{١}{٣} (١) = ١٠٠٩٢ (٤)$$

$$= ٢٠٤س - ٢(س - ث)^٢ + ٢٧٨٥س - ١٢٠٨س$$

$$= ٢٠٤س - ٢(س - ث)^٢ + ١١٣٠س - ١٢٠٨س = ٦٧٢س - ٢(س - ث)^٢ + ١١٣٠س - ١٢٠٨س$$

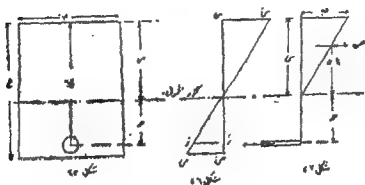
$$\text{من ه نجد ث} = \frac{٢٠٤س - ٢(س - ث)^٢ + ١١٣٠س - ١٢٠٨س}{٢}$$



شكل ١٤

المساحة المغطاة بالخرسانة في الموضع الذي يكون فيه الخرسانة

التي تكون في الموضع الذي يكون فيه الخرسانة



== س - ۲۷ س ۲ - ۲۰۴ س

و بتعريض مقدرات بما يساويه في معادلة (هـ)

$$\therefore 4س٢ - 2س٢(٢٠٤س٢) + ١١٣س١ -$$

۶۱۲ س ۲ = صفر

وانضع مقادير تساويها سن

$$۱۱۳ + \frac{۲}{۳} (۲۰۴ - ۲) = ۱۱۳ + \frac{۲}{۳} \times ۲۰۲ = ۱۱۳ + ۱۳۴\frac{۲}{۳} = ۲۴۷\frac{۲}{۳}$$

س - ۶۱۲ س^۲

∴ س = ۶۲۲۳ م تحقق المعادله

$$\therefore \text{س.} = 6223 - 2292 = 3931 \text{ سم}$$

ج. ∴ مساحة مقطع قضيب $T = 218,211 \text{ سم}^2$

واقرب وزن لهذا القضيب $T = 131$ ك جراما

والقضييب المثلثى المقطع وبنفس القوة يزن ١١٢ ك جراما أى

٨٥٪ من وزن قضيب T وظاهر من شكل ٢٤ أنه باستعمال القضيب

المثلث المقطع تقل المساحة المظلمة بنفس الطريقة

(١) قضيب مثلثي المقطع بـ ٩ مم وقطره ٩ مم وعلى إحداه

٥٠٧٩٩ م م من القاعده

بذلك تستعمل معادلات اى ب . .

مساحة القضيب T المعادل وبنفس القوة تساوي ١٢ و ١٩٦٠

سم^٢ ووزنه = ١٢١ كجراما مع أن وزن المثالي المقطع = ١١٢ كجراما

(ب) کمر مشائی القطاع بہ قضیب ۱۴۲۹ مم علی بعد ۵۰۷۷۹

من القاعدة وفي هذه الحالة تكون مساحة الجبر المكافئ ذو قطاع على

شکل (۷۰ و ۷۱) ۱۹۸۰م

ووزنه ١٢٤ كيلو جراما وبمقارنة بالمقدار ١١٢ كيلو جراما في حالة
الكر ذو القطاع المثلثي نجد أن هناك وفرا قيمته ١٢ كيلو جراما
من هذا نجد أن هناك وفرا في اختيار كرات مثلثية القطاع فوق
كرات ذات قطاع على شكل T

المقارنة بين الكرات المثلثية القطاع والكرات المستطيلة القطاع
لايجاد العرض الكمر مستطيل القطاع يساوى في العمق والقوة كمر
مثلثي القطاع .

تحليل الكمر المستطيل القطاع شكل (١٥) .

مفروضات : —

- (١) ان الصلب يتحمل جميع قوة الشد
 - (٢) أن الجهد متناسب مع مقدار التحريف في الخرصان
 - (٣) أن الجهد ثابت في التسليح
- نجد من شكل ٢٦ أن

$$\frac{س س ١}{س} = \frac{ز ز ١}{س}$$

ولكن س س ١ هو مقدار التحريف في الخرصان
س ز ز ١ هو مقدار التحريف في الصلب

$$\frac{الجهد}{معامل المرونة} = التحريف$$

$$نجد \frac{س س ١}{س} = س = \frac{س}{س} : س$$

$$\frac{س}{س} = \frac{س}{س} \times \frac{١}{س} . .$$

$$نقرض أن \frac{١}{س} = س$$

$$. . \frac{١}{س} = س \times س$$

$$\therefore \text{س} = \text{ح} \times \frac{15}{10} \quad (١)$$

ولكن س = د - ح = ح × $\frac{15}{10}$

$$\therefore \text{ح} = \frac{10}{15+10} \quad (٢)$$

نجد من شكل (٢٧)

أن جميع الضغط في الخرصان = س = جميع الشد في الصلب

$$\text{س} = \frac{5}{4} \times \frac{15}{4}$$

$$\therefore \frac{15}{4} \times \frac{5}{4} = 1 \times \text{و} \quad (٣)$$

$$\text{و} = \frac{15}{4} \times \frac{4}{5}$$

$$\therefore \frac{12}{5} = \frac{15}{5}$$

$$\therefore \text{و} = ٢$$

$$\text{س} = \text{و} (١ - \frac{12}{5})$$

$$\text{س} = ٢ (١ - \frac{12}{5})$$

$$\therefore \text{س} = ٢ - \frac{24}{5} = ٢ \times \frac{5}{5} - \frac{24}{5} \quad (٤)$$

$$\therefore \text{س} = \frac{10 - 24}{5} = \frac{-14}{5}$$

$$\therefore \text{س} = \frac{14}{5} = ٢ \frac{4}{5}$$

لايجاد عزم المقاومة

عزم المقاومة = س ($\frac{2}{3}$ س + ح) بالنسبة لمركز الشد

وايضاً عم س ($\frac{2}{3}$ س = ح) » » الضغط

$$\text{و} = \frac{15}{4} - \frac{15}{4}$$

$$\therefore \text{عزم المقاومة} = \frac{15}{4} (\frac{2}{3} س + ح) \quad (٥)$$

$$\text{وايضاً } \text{و} = \text{ح} (\frac{2}{3} س + ح) \quad (٦)$$

والان تاخذ ثلاث اعتاب ذات قطاع مثلثي ومختلفي التسليح
ونوجد الاعتاب المائلة ذات القطاع المستطيل ولها نفس التسليح
والعمق والقوة كالمثلثية القطع

(١) ولناخذ عتبا ذا قطاع مثلثي بقضيب قطره ٩٠ مم على
مسافة ٥٠٧٩٩ مم من الحافة السفلى وقد وجدنا سابقا لهذا العتب
ان المسافة بين مركز الضارب ومركز الضغط هي ١١٩٦٤ سم وحينئذ

$$\frac{2}{3} س + ح = ١١٩٦٤$$

$$ح = ٣٢٧ - س$$

$$\frac{1}{3} س = ١٢٠٦$$

$$س = ٣٦١٨ سم$$

$$س = \frac{2}{3} س (٨)$$

$$س \times ١ =$$

$$= ١٩ \times ٢٢٤٠ \times ٧١ سم^٢$$

$$= ٢١٣٠٠٠ كجرام$$

حيث أن ٣٠٠٠ كجراما حمل التسليح على السنتيمتر المربع للضارب

٧١ و ٥ سم^٢ هي مساحة قضيب قطره ٩٠ مم

بفرض $س = ١٢٣$ كجراما على السنتيمتر المربع كما وجدنا في

كتل من نفس مادة الاعتاب تدريجيا وعمرا

$$س = ٣٠٠ = \frac{٢ \times ٢١٣ \times ١٢٣}{٣} = ١١٩٤ سم$$

ومن (٨) تكون مساحة قطاع العتب المستطيل الشكل ١١٩٤ ×

$$١٧٧٨ = ٠٣٠٠ سم^٢$$

٢ المثلثلى = ١٠ ر ١٦ × ١٧ و ٧٨ = ١٨٠ س م^٢
 وحينئذ فلدينا وفر قدره ٢٣ ر ٠ س م^٢ وفى عتب طوله ٢٤ ر ٣٨
 مترا يكون لدينا وفر قدره ١٤ ك جراما ثانيا لنا خذ عتبا بقضيب
 ٢٩ ر ١٤ مم قطر لكي نوجد عتبا مستطيلا مكافئا له فى المقارنة

$$\frac{2}{3} \text{ س } + \text{ ح } = ١١ ر ٠٥ \text{ س م}$$

$$\text{ح } = ٦٢ ر ٧ \text{ س}$$

$$\frac{1}{4} \text{ س } = ١٠ ر ٦٥$$

$$\text{س } = ٩٥ ر ٤ س م$$

$$\text{س } = \text{س } = ١٠ ر ٦١ \times ٣٠٠٠ = \frac{١٢٣ \times ٩٥ ر ٤}{4} = ٤٨٣٠$$

ك جرام

$$\text{و } = \frac{2 \times ٤٨٣٠}{٩٥ ر ٤ \times ١٢٣} = ١٥ ر ٨ س م$$

$$\text{ومساحة قطاع هذا العتب } = ١٧ و ٧٨ \times ١٥ ر ٨ = ٢٨٢ س م^٢$$

$$\text{» عتب مثلئى } = ١٨٠ س م^٢$$

فلدينا وفر قدره

ويكون وزن العتب المستطيل = ١٧٣ ك جراما وبمقارنة هذا

الوزن بالوزن ١٤٢ كيلو جراما (وهو وزن عتب ذئى قطاع مثلئى

فكافئ له) يكون هناك وفر قدره ٦١ كيلو جراما

ولناخذ مره ثالثه عنا بقضيب قطره ١٢ ر ٧ س م على مسافة ٧٩ ر ٩

٥٠ مم من الاسفل

$$\frac{2}{3} \text{ س } + \text{ ح } = ١١ ر ٤ س م \text{ . . . } \text{ح } = ١٢ ر ٧ \text{ س}$$

$$\frac{1}{4} \text{ س } = ١٠ ر ٣٩ \text{ س م}$$

وعليه فالوفر قدره ٥٧٥ كيلو جراما باستعمال عتبات ذات قطاع مثلثي

ونحتاج الكبرة الى ١٦٣ كيلو جراما من الاسمنت

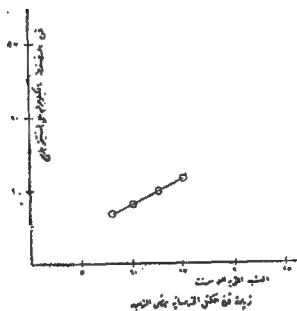
الامل » » ٣١٣ ٦

الزلط » » ٨٥ ٥

الماء » » ٩١

والواجب في عمل الخرسانة المسلحة أن يعمل المخلوط بنسب الوزن لا ينسب الاحجام

« الاعمدة »



يبين الجدول الانى (١) قوة المدة ذات مقطع مثلثى الشكل طول اضلاعه ٢٠ ر ٣ × ٢٠ ر ٣ × ٢٠ ر ٣ بنسبة ١ : ٢ : ٥

نسبة الطول الاقل من ابعاد القطاع	القوة	طول العمود
٤	١٥٤٠٠ ك جرام	٧٨٠٧٤ سم
$\frac{٦}{٧}$	١٣٧٥٠ ك جرام	١١١٠٧٦ سم
$\frac{٧}{٧}$	١٢٠٠٠ ك جرام	١٣٢٢١ سم

والنتيجة من الجدول السابق هى انه كلما كبرت نسبة طول العمود الى اقل بعد من المقطع قات قوة ذلك العمود والاعمدة القصيرة التى لاتتجاوز نسبته طولها الى اقل بعد من ابعاد مقطعها ٦ مرات يمكن اقامتها من الخرسان العادى على شرط ان يكون الثقل مركزى واما الاعمدة التى تزيد فيها نسبته الطول عما تقدم بحسب تسليحها ليسهل بناؤها ولكميته ان تناوم ما عساه يحدث معه الانفعال غير المركزية والصدمات انفجائية

والتسليح ضرورى فى حالة الاعمدة التى تنقل من جهة لوضعها فى جهة اخرى وذلك تجنب اى شدة فى الخرسان لضغط تلك القوة فيه والخرسان ولو انه يقاوم الضغط الا أنه $\frac{١}{٤}$ من قوة مقاومة الصلب وعلى ذلك فقدر حجم عمود خرسان عادى يحمل ثقلا يتجمله عمود صلب متساوى الطول هو $\frac{١}{٤}$ مرة صحيحة الصلب واسكن

من جهة أخرى تكاليف حجم مخصوص من الخرصانة = بـ من تكاليف ذلك الحجم من الصلب وبناء على ذلك فننقطة عمود من الخرصان الى نفقة عمود من الصلب تحمل نفس الحمل هي نسبة ٤ : ٥ ولا يخفى علينا ان في بعض المباني يجب استخدام اعمدة تشغل فراغا صغيرا حرصا من ضياعا مسافة كبيرة تكون ذات قيمة فيمكن اذن استخدام اعمدة الصلب أو الخرصان المسلح دلت التجارب التي اجريتها سنة ١٩١١ — ١٩١٢ أنه كلما زادت نسبة الاسمنت في الخرصان زادت قوة للضغط — والجدول الاتي بين نتائج التجارب

نسبة الاسمنت	مقاومة الضغط بعد ١٤ يوما على السنتيمتر المربع
٨ %	٦٢٨
١٠ %	٧٩٥
١٢ ١/٤ %	٨١٥
١٥ %	١١٥٠

وهذا يدل على ان زيادة نسبة الاسمنت واسطة فعالة في تقوية الاعمدة وذلك يسمح لتقليل مقطعها

« حساب الاعمدة »

نفرض E ك ج الحمل على العمود

$$ل = \text{طول العمود}$$

$$ا = \text{مساحة الخرسانة}$$

$$ا = \text{المساحة الكلية للعمود}$$

$$ا = \text{المساحة الكلية للصلب}$$

$$ب = \text{وحدة الضغط في الخرسانة}$$

$$ب = \text{» » » الصلب}$$

$$\frac{ع}{ا} = \text{نسبة معامل المرونة لا-لـ ب}$$

$$\frac{\text{معامل المرونة للخرسانة}}{\text{معامل المرونة للصلب}}$$

$$١٠٠ \times \frac{ا}{ا} = هـ = \text{نسبة الصلب لمساحة العمود}$$

$$ب = \text{وحدة الحمل على العمود}$$

ونفرض ايضا التماسك بين الصلب والخرسانة كاف لمنع الانزلاق
٠. الصلب والخرسانة يعملان معاً و"يكون لهما انزلاق واحد

$$\text{نفرض ل} = \text{مقدار التقص في الطول}$$

$$\therefore \frac{ل}{ا} \text{ يكون الانحراف}$$

$$\frac{ل}{ا} \times ب = ب$$

$$\frac{ل}{ا} \times ع = ب$$

$$هـ = \frac{ل}{ا} \times \frac{ل}{ا} \times \frac{ع}{ا} = \frac{ق}{ا}$$

$$\therefore ب = ق = ١ هـ \dots \dots (١)$$

وعلى ذلك اذا كان (ع) هو حمل الامن الذي يحمله العمود

$$ع = ا \times ب + ا هـ$$

$$ب = (ا + ا هـ) \dots \dots (٢)$$

وبوضع $1 = 1$

$$(1 + 1) = 2$$

و $2 =$ وحدة الضغط على العمود

$$\frac{(1 + 1)}{1} = 2$$

ولكن $1 + 1 = 2$

$$\left\{ 1 + \frac{1}{1} \right\} = 2$$

$$(1 + 1) = 2$$

$$[(1 - 1) + 1] = 0$$

ولايجاد وحدة التماسك بين الصلب والخرسان

ليكن 1 الحمل الذي يحمله الصلب و 2 الحمل الذي تحمله الخرسانه

∴ الفرق بين 1 و 2 هو الذي يحمله التماسك بين الصلب

والخرسان

لتكن 1 سطح التماسك

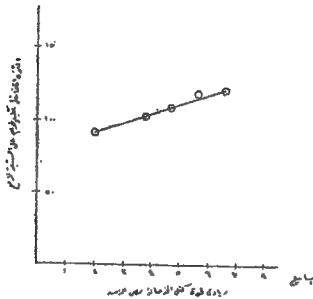
$$\frac{1 - 2}{1} =$$

والمساحة المؤثرة المستعملة في تقدير حمل الامن الذي يحمله العمود تكون عادة أقل من المساحة كلها ليكون هناك سمك معلوم قدره 4 سم تقريبا وقاية من النار لان الخرسانه في هذا العمق اذا

كانت في نار شديدة ربما تتأثر بالحرارة وتضيع قوتها ويمكن أن يسمح
بسمك أقل من ٤ سم إذا كانت محتويات البناء غير قابلة للالتها ب
وقد عملت كتل من مخلوط بنسبة ٥:٢:١ ومن قوام ربط لايجاد
زيادة القوة مع تعاقب الزمن

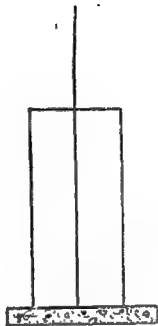
والمقادير المتحصل عليها من هذه التجارب استعملتها في حساب
الاعمدة والاعتاب

كان مقياس بعض الكتل ١٢ ر ٥ سم × ١٢ ر ٥ سم × ١٥ سم
والبعض الآخر على شكل اسطوانة قطرها ٧ ر ١٣ سم وارتفاعها
١٥ سم



تجارب التماسك

الاسطوانات التي قطرها ١٥ سم وطولها ٣٠ سم ملئت بالخرسان
بنسبة ٥:٢:١ وفي وسطها سيخ قطره ١٩.٥ مم من منتصفها كما
هو مبين بالشكل :

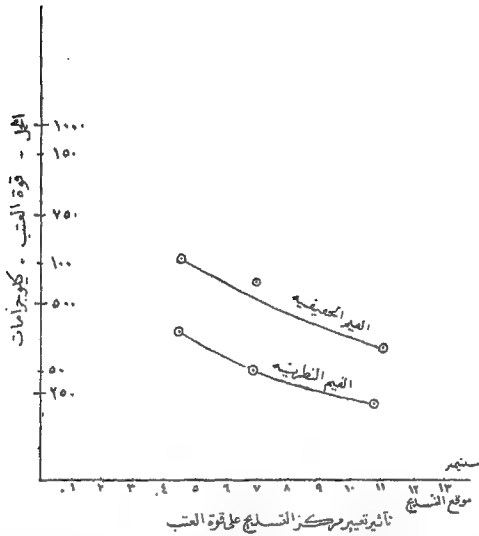


ش ٥٧

وقد وجدت مقاومة التماسك بالنسبة لعمر العمود وكان المركب رطب القوام ونتائج التجارب مدونة بالجدول الآتي : --

مقاومة الضغط ذات العمر الواحد	عدد التماسك	تجربة المرونة للصلب	وحدة الشد على السيخ	الشد	الطول المبروز	وقت السيخ	قطر السيخ	العمود
٩٢٠ كجم سم ^٢	٢٥٣ كجم سم ^٢	٢٥٣٠ كجم سم ^٢	١٧٠٠ كجم سم ^٢	٤٥٣٠ كجم	٣٠ سم	٢٨٤ سم	١٩ سم	١٥ سم
» ١٣٠٠	» ٣١٠	» ٢٥٣٠	» ١٩٧٠	» ٦٥١٠	» ٣٠ سم	» ٢٨٤	» ١٩ سم	» ٣٠ سم
» ١١٠٠	» ٣٢٧	» ٢٥٣٠	» ٢٠٩٠	» ٥٩٢٠	» ٣٠ سم	» ٢٨٤	» ١٩ سم	» ٤٥ سم
» ١٢٤٠	» ٣٧٦	» ٢٥٣٠	» ٢٤٠٠	» ٦٩٠٠	» ٣٠ سم	» ٢٨٤	» ١٩ سم	» ٦٠ سم

ومن هذا الجدول نرى أن وحدة الشد على السيخ تعادل $\frac{1}{3}$ الشد عند نهاية المرونة قبل أن يضيع التماسك الموجود بين الصلب والخارصان



العمر	المتاومة للضغط ك جرام على السه تيه بر المربع	ملاحظات
اسبوعان	٩٢٠٧	متوسط اربع كتل
٣ اسابيع	٩٨٠٥	» »
» ٤	١٠٢٠٥	» »
» ٥	١٠٨٠٠	» »
» ٦	١١٧٠٥	» »
» ٧	١٢١٠٠	» »
» ٨	١٢٤٠٠	» »

اي ان المقاومة للضغط تزداد مع الزمن لحد معين

هذه الأعمدة ثلاثية القطع ٢٠٣ X ٢٠٣ X ٢٠٣ سم طولها ٧٠ سم وعملت بنسبة ١ : ٢ : ٥ من الخارصان. وقد حسبت مقاومتها عند اعمار مختلفة والمواد القصير وزن ٣٠ ك جراماً

الاعمدة القصيرة الخالية من التسليح

ملاحظات	مقاومة المضغطة للكتل	وحدة الانتقال	الانتقال	المسر	تربة
اقبل من المقاد	ك جرام على السنتيمتر المربع	ك جرام على السنتيمتر المربع	بالكيلو جرام	٦٠ يوماً	المود
١٢٤ر٠	٩١ر٠	١٦٣ر٣٠	١٦٣٤٠٠	«	١
١٢٤ر٠	٦٣ر٣٠	٨٠ر٠٠	١١٣ر٣٠٠	«	٢
١١٧ر٠	٨٠ر٠٠	٧٨ر٢٠	١٤٣ر٤٥٠	« ٤٥	٣
	٧٤ر٠٠	١٣٣ر٤٥٠	١٤٣ر٤٥٠	« ٣٠	٤
١٠٢ر٥	٧٢ر٣٠	١٣٣ر٤٥٠	١٣٣ر٤٥٠	«	٥
	٤٧ر٣٠	٨٥٥ر٠٠	٨٥٥ر٠٠	« ١٥	٦
٩٣ر٢	٥٣ر٤٠	٩٧٠ر٠	٩٧٠ر٠	«	٧
				«	٨

كل هذه الأعمدة كسرت عند الطرف الاعلى عند ما اجريت عليها التجارب واخذت الشكل الاتي:

حساب قوة الاعمدة

عمود طوله ٢٤٤ مترأ مقطعه مثلث متساوى الاضلاع ضلعه ٢٠.٣ سم وضع داخله قضيب قطره ٣١.٨ مم بحيث يقع في مركز قله سبق وجدنا ان $u = 2$ $h = 1$ $[(1 - u) + 1] = 0.0$ (ج) كما ايضاً وجدنا سابقاً $u = 1$ وحده الضمط للخارصان وقيمتها ١٢٣ ك جرام سهم^٢ وهذه القيمة مأخوذة من التجارب واذا فرضنا أن الصلب والخارصان يعملان معاً حتى يتكسر الخارصان

$u = 0$ $h = 1$ كما وجدنا سابقاً

$$1.23.10 = 0.0.123 = 15.5 = u \text{ كان } h = 20$$

$185 =$ طنأ على السنتيمتر المربع حتى لو كانت $h = 20$ فان $u = 0.0$ $h = 20$ طنأ على السنتيمتر المربع وكلتا القيمتين تبين انه اذا انكسر الخارصان فان الصلب لم يضغط حتى لغاية حمل التسليم فلـمـى نحصل على حمل الامن لهذا العمود فتستعمل المعادلة (ب)

$$C = 24.6 [70910 + 70910 - 180638]$$

وحينما تكون $h = 15$

$$C = 7300 \text{ ك جرام}$$

للحصول على حمل الكسر

قد تحسبت من التجارب ان الحمل القاطع يساوى ١١٩٠٠ ك ج وذلك لعمود طوله ١٣٠ سم وقطعه مثلث متساوى الاضلاع طول

ضلعه ٢٠ و ٣ س م بنسبة ١ : ٢ : ٥ بعد ما مكث شهرين
 واذا اجرينا التجربة لعمود آخر مثله تماماً ويختلف عنه في الطول
 حيث يبلغ ٧٠ س م فنجد ان الحمل يساوى ١٦٣٠٠ ك جرام وهذا
 يبين ان نسبة الحمل القاطع لعمود طوله الضعف هي $\frac{111}{113} = 0.973$
 الحل القاطع لعمود طوله ٢٤٠ سهم تساوى تقريباً ١١٩٠٠
 $\times 0.973 = 8700$ ك جرام

. . . وحدة الحمل القاطع $\frac{87}{113} = 0.769$
 فالاحصول على الحمل الذى يكسر هذه الاعمدة تستعمل س =
 اذا العمود الذى في وسطه قضيب قطره ٨ ر ٣١ سهم يتكسر
 على $16300 \times 2 = 32600$ ك جرام
 $32600 = 18066 - 16265 + 16265 \times 10$
 || ٩٧٥٠ ك ج وبهذه الطريقة يمكننا معرفة قوة تحمل الاعمدة

ال اخرى

والاعمدة عملت من مخلوط مركب بنسبة ١ : ٢ : ٥ من الخارصان
 وتختبر بعد مضي شهرين وتدون النتائج في جدول (٩)
 المواد التى تلازم لعمل عمود طوله ٢٤٠ س م ومقطعة مثلث متساوى
 الاضلاع طول ضلعه ٣ ، ٢٠ س م الخارصين بنسبة ١ : ٢ : ٥ فان
 القدم المكعب من الخارصان يلزمه

$\frac{32}{37}$ براميل سمنت و $\frac{37}{37}$ ، ياردات مكعبة من الرمل و $\frac{37}{37}$ ،
 ياردات مكعبة من الاحجار العمود الواحد يلزمه
 $\frac{1732}{37} \times 1056 = 476$ ، براميل اسمنت

∴ $37 \times 1056 \times 214.0$ ياردات مكعبة من الرمل
مثال آخر لعمود في داخله قضيب قطره ٢٥٠٤ مم
الحل : استعمل المعادلة (٤)

$$C = \{ 1 \times 1.8 \times 10.6 \} \{ 483 = 556.05 \times 10 + 12350 \text{ كجرام} \\ \text{مثال آخر عمود في داخله قضيب قطره ١٩٠٠ مم} \\ \therefore 1 = 2685 \text{ سم مربع}$$

$$= \{ 2685 \times 10 + 2685 - 180.6 \} \{ 483 = 10900 \text{ كجرام} \\ \text{مثال آخر عمود في داخله قضيب قطره ١٤٠٣ مم م عند}$$

مركز الثقل

$$1 = 1661 \text{ سم مربع} \\ C = \{ 1661 \times 10 + 1661 - 80.6 \} \{ 483 = 9550 \text{ كجرام} \\ \text{والعمود الواحد يحتاج الى ١٣٠٢ كجرام اسمنت}$$

٢٤ كجرام رمل

٦٩ كجرام زلط

« والجدول الاتي عبارة عن اعمدة عملت واختبرت »

الجدول الحاشي

الرقم	التعليق	القيمة المضمومة		النسبة المئوية	ك. جرام	ك. جرام	النسبة المئوية	ك. جرام	ك. جرام	النسبة المئوية	ك. جرام	ك. جرام
		للحم	للموت									
١	غير مسلح	٤٤٥٠	٤٤٥٠	١٠٠	١٣٨٥٠	١١٤٠٠	١١٤٠٠	١٣٨٥٠	١١٤٠٠	١١٤٠٠	١٣٨٥٠	١١٤٠٠
٢	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧١٥٠	٧١٥٠	١٠٠	١٦٨٠٠	١٠١٥٠	١٠١٥٠	١٦٨٠٠	١٠١٥٠	١٠١٥٠	١٦٨٠٠	١٠١٥٠
٣	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧١٥٠	٧١٥٠	١٠٠	١٥٩٠٠	١٤٩٠٠	١٤٩٠٠	١٥٩٠٠	١٤٩٠٠	١٤٩٠٠	١٥٩٠٠	١٤٩٠٠
٤	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧٣٥٠	٧٣٥٠	١٠٠	١٣٤٥٠	١٠١٥٠	١٠١٥٠	١٣٤٥٠	١٠١٥٠	١٠١٥٠	١٣٤٥٠	١٠١٥٠
٥	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧٣٥٠	٧٣٥٠	١٠٠	١٦٦٠٠	١٥٢٥٠	١٥٢٥٠	١٦٦٠٠	١٥٢٥٠	١٥٢٥٠	١٦٦٠٠	١٥٢٥٠
٦	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧٣٥٠	٧٣٥٠	١٠٠	١٣٣٠٠	٥٧٠٠	٥٧٠٠	١٣٣٠٠	٥٧٠٠	٥٧٠٠	١٣٣٠٠	٥٧٠٠
٧	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧١٥٠	٧١٥٠	١٠٠	١١٩٠٠	٨٨٠٠	٨٨٠٠	١١٩٠٠	٨٨٠٠	٨٨٠٠	١١٩٠٠	٨٨٠٠
٨	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧١٥٠	٧١٥٠	١٠٠	٢٠٠٠٠	١٥٢٠٠	١٥٢٠٠	٢٠٠٠٠	١٥٢٠٠	١٥٢٠٠	٢٠٠٠٠	١٥٢٠٠
٩	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧١٥٠	٧١٥٠	١٠٠	٢٠٨٠٠	١٥٢٠٠	١٥٢٠٠	٢٠٨٠٠	١٥٢٠٠	١٥٢٠٠	٢٠٨٠٠	١٥٢٠٠
١٠	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧١٥٠	٧١٥٠	١٠٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠
١١	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧١٥٠	٧١٥٠	١٠٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠
١٢	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧١٥٠	٧١٥٠	١٠٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠
١٣	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧١٥٠	٧١٥٠	١٠٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠
١٤	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧١٥٠	٧١٥٠	١٠٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠
١٥	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧١٥٠	٧١٥٠	١٠٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠
١٦	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧١٥٠	٧١٥٠	١٠٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠
١٧	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧١٥٠	٧١٥٠	١٠٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠
١٨	بسيخ قطر ٣١.٧٥	٧١٥٠	٧١٥٠	١٠٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠	١٧٦٥٠	٢١٩٧٥	١٧٦٥٠

وهذه الأعمدة أثبتت وأقوى من أعمدة القاطع ومساوية لها في المساحة ونسبة النسلج

مُطْبَعَةُ ابْنِ الْهَيْوَلِ نَشْرُجُ مَخْرَجَ عَلَى الْقَهْلَةِ
مَجْمُوعَةُ الْكَلْبِ الْخَبْرِيَّةِ لِمَا فِيهَا مِنْ